

**Aus dem Institut für Rechtsmedizin
der Universität Erlangen-Nürnberg
Direktor: Prof. Dr. med. H.-B. Wuermeling**

**Untersuchungen zur Feststellung von Schußrückständen
an der Hand mittels der Rasterelektronenmikroskopie
in Verbindung mit der energiedispersiven Röntgenmikroanalyse**

**Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg**

**vorgelegt von
Klaus Dotterweich
aus Ebermannstadt, Bayern**

1981

1981 № 397

Aus dem Institut für Rechtsmedizin
der Universität Erlangen-Nürnberg
Direktor: Prof. Dr. med. H.-B. Wuermeling

Untersuchungen zur Feststellung von Schußrückständen
an der Hand mittels der Rasterelektronenmikroskopie
in Verbindung mit der energiedispersiven Röntgenmikro-
analyse



Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

vorgelegt von
Klaus Dotterweich
aus Ebermannstadt, Bayern

1981

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen Fakultät
der Universität Erlangen-Nürnberg



Dekan: Prof. Dr. V. Becker

Referent: Prof. Dr. H.-B. Wuermeling

Tag der mündlichen Prüfung: 19.10.1981

1	...	...
2	...	...
3	...	...
4	...	...
5	...	...
6	...	...
7	...	...
8	...	...
9	...	...
10	...	...
11	...	...
12	...	...
13	...	...
14	...	...
15	...	...
16	...	...
17	...	...
18	...	...
19	...	...
20	...	...
21	...	...
22	...	...
23	...	...
24	...	...
25	...	...
26	...	...
27	...	...
28	...	...
29	...	...
30	...	...
31	...	...
32	...	...
33	...	...
34	...	...
35	...	...
36	...	...
37	...	...
38	...	...
39	...	...
40	...	...
41	...	...
42	...	...
43	...	...
44	...	...
45	...	...
46	...	...
47	...	...
48	...	...
49	...	...
50	...	...
51	...	...
52	...	...
53	...	...
54	...	...
55	...	...
56	...	...
57	...	...
58	...	...
59	...	...
60	...	...
61	...	...
62	...	...
63	...	...
64	...	...
65	...	...
66	...	...
67	...	...
68	...	...
69	...	...
70	...	...
71	...	...
72	...	...
73	...	...
74	...	...
75	...	...
76	...	...
77	...	...
78	...	...
79	...	...
80	...	...
81	...	...
82	...	...
83	...	...
84	...	...
85	...	...
86	...	...
87	...	...
88	...	...
89	...	...
90	...	...
91	...	...
92	...	...
93	...	...
94	...	...
95	...	...
96	...	...
97	...	...
98	...	...
99	...	...
100	...	...

Meinen Eltern

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. <u>Einleitung</u>	1
2. <u>Schmauchentstehung und Zusammensetzung der Schmauch- rückstände</u>	2
3. <u>Bisherige Nachweisverfahren</u>	4
3.1 Chemische Verfahren	4
3.2 Physikalische Verfahren	6
3.3 Morphologisch-physikalische Verfahren	8
4. <u>Eigene Untersuchungen</u>	12
4.1 Gerätebeschreibung	12
4.2 Probensammlung	12
4.3 Geräteeinstellung und Identifi- zierung der spezifischen Röntgen- linien von Blei, Barium und Antimon	14
4.4 Versuche mit französischem Armee- revolver	15
4.5 Versuche mit 11 Waffen	17
4.6 Berührung von Waffen ohne Schußabgabe	24
4.7 Blindversuch mit 3 Waffen	25
4.8 Der Zeitfaktor	28
5. <u>Diskussion</u>	30
5.1 Ort der Abnahme	30
5.2 Abnahmemethode	31

5.3	Charakter des Schmauches	Seite 32
5.4	Unterscheidung von Umgebungs- partikeln und beruflich bedingten Rückständen	34
5.5	Auswertung der Spektren und Geräteprobleme	34
5.6	Ergebnis	36
5.6.1	Waffen- und Munitionsart	36
5.6.2	Zeitfaktor und Tätigkeit nach Schußabgabe	39
6.	<u>Zusammenfassung</u>	43
7.	<u>Literaturverzeichnis</u>	44



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Untersuchungen zur Feststellung von Schußrückständen
an der Hand mittels der Rasterelektronenmikroskopie
in Verbindung mit der energiedispersiven Röntgenmikro-
analyse

1. Einleitung

Die Zahl der Schußwaffendelikte nahm in der Bundesrepublik Deutschland nach dem Kriege beträchtlich zu. Diese Zunahme macht es erforderlich, die kriminaltechnischen Untersuchungsverfahren laufend zu verbessern und zu vereinfachen, um den Ermittlungsbehörden die Aufklärung der Tatbestände zu ermöglichen.

Eines dieser Verfahren dient dem Nachweis von Schußrückständen an den Händen eines Tatverdächtigen, die bei Abgabe eines oder mehrerer Schüsse aus der Waffe dorthin gelangen können.

Die Feststellung von Schmauchrückständen an der Hand kann aber auch zur Klärung der Frage beitragen, ob es sich bei einer vorgefundenen Leiche um die eines durch Selbsttötung oder durch fremde Hand ums Leben gekommenen Menschen handelt. Der Schmauchnachweis kann jedoch andere Feststellungen wie z. B. die Schußentfernungsbestimmung nicht ersetzen, sondern nur untermauern.

In jedem Fall ist jedoch Vorsicht bei der Beurteilung von Schmauchspuren an den Händen nötig. Ein Verdächtiger mit Schußrückständen an der Hand muß nicht der Schütze sein; Schmauch könnte auch durch bloße Handhabung der Waffe von ihrer Oberfläche auf die Hand übertragen worden sein.

2. Schmauchentstehung und Zusammensetzung der Schmauchrückstände

Es ist nötig, zuerst den Begriff "Schmauchrückstände" zu klären und aufzuzeigen, wie diese auf die Schußhand gelangen. Bei allen Schußwaffen wie Revolvern, Selbstladepistolen und Langwaffen wird der Hauptteil der nachweisbaren Schmauchspuren von der Munition herrühren, ein kleiner Teil aber auch von der Waffe selbst. Bei den gängigen deutschen und ausländischen Munitionstypen unterscheidet man die Zünd- und Treibladung der Patrone.

Die Zündladung zündet die Treibladung, die durch ihr Abbrennen den Gasdruck erzeugt, der das Projektil aus dem Lauf treibt. In modernen Zündsätzen können anstelle des historischen Knallquecksilbers vor allem auch die Elemente Blei (Pb), Barium (Ba) und Antimon (Sb) in ihren Verbindungen nachgewiesen werden. Es können jedoch auch zusätzlich andere Elemente wie z. B. Sn, Cu, Fe und K vorkommen. Die verschiedenen Munitionstypen variieren in ihrer Zusammensetzung (31), deshalb ist es erforderlich, bei Untersuchungen die Tatmunition zum Vergleich heranzuziehen.

Die Treibladung enthielt früher Schwarzpulver (Gemisch aus Holzkohle, Schwefel und Kaliumnitrat), heute besteht sie bei der raucharmen Sinoxidmunition aus (Tri-)Nitrozellulose in Plättchen, Scheibchen oder Kügelchen. Diese Bestandteile lassen sich mittels Farbreaktionen über ihren Nitrat- bzw. Nitritanteil nachweisen. Schließlich lassen sich durch Elementspurenanalysen auch Anteile des Geschosses bzw. seines Mantels, der Patronenhülse und der Waffe selbst (Lauf) entdecken.

Vor allem die Elemente Pb, Cu, Zn, Fe und Sn liegen vor, fallen aber wegen ihrer sehr geringen Menge kaum ins Gewicht. Der Schußnachweis wird heute gewöhnlich durch die Mikroanalyse der Elemente Pb, Ba und Sb an der Hand geführt. Ein makroskopischer Nachweis einer Schußhand durch in die Haut eingesprengte verbrannte Pulverteilchen und Ruß wird bis auf wenige Ausnahmen (Abgabe mehrerer Schüsse, großkalibrige bzw. defekte Waffe, Patrone mit hohem Gasdruck) nicht gelingen (28). Doch gewinnt die Elementanalyse, in Verbindung mit morphologischen Einzelheiten, die durch Mikroskopie und Elektronenmikroskopie erhalten werden, an Bedeutung.

Der Schmauch gelangt bei Revolvern vor allem aus dem Luftspalt zwischen Trommel und hinterem Laufende durch den Gasdruck der Patrone nach außen. Die Menge hängt von der Größe des Luftspaltes, also dem Funktionszustand der Waffe und der verwendeten Munition ab. Bei Selbstladepistolen entweicht der Rückstand durch den Verschluß, und zwar sowohl bei Masseverschluß, der sich schon öffnet, wenn das Geschoß noch im Lauf ist, als auch bei verriegeltem Verschluß (28). Auch hier ist die Menge von der Waffe und der Munitionsart abhängig. Geringe Mengen an Rückständen können sich auch von der Laufmündung her bei Schußabgabe an der Hand niederschlagen.

Der Schmauch lagert sich an der Schußhand an den einander zugekehrten Flächen von Zeigefinger und Daumen, der dazwischen liegenden Fläche des dorsalen Daumenballens und an der Daumenrückfläche ab (siehe Abbildung 1) (16). Durch Analyse des in verschiedener Menge an bestimmten Hautarealen niedergeschlagenen Schmauches läßt sich unter Umständen auf die verwendete Waffe bzw. Munition schließen (29).



Abbildung 1: Hauptabnahmestelle an der Hand (schraffiert)
zum Nachweis einer Schußhand
("Zeigefinger-Daumen-Probe")
Aus SELLIER, K.: Schußwaffen und Schußwirkungen
Römhild-Verlag Lübeck, Kap. 13, 253 (1969)

3. Bisherige Nachweisverfahren

Die Verfahren zum Rückstandsnachweis können qualitativ, semiquantitativ und quantitativ sein. Heute setzen sich quantitative Verfahren immer mehr durch, da sie eine höhere Beweiskraft besitzen. Für den Nachweis von Schmauchspuren werden chemische, physikalische und physikalisch-morphologische Methoden mit ihrer für die Nachweismethode günstigsten Gewinnung des Schmauches von der Schußhand unterschieden.

3.1 Chemische Verfahren

Die meisten chemischen Nachweismethoden beruhen darauf, daß Reagenzien sich mit den in Treib- oder Zündladung enthaltenen Stoffen zu farbigen Verbindungen umwandeln,

die makroskopisch optisch sichtbar sind (sogenannte "spot-tests"). Ein klassisches Beispiel hierfür ist der Paraffintest für Nitrate bzw. Nitrite aus der Treibladung von Schwarzpulver- oder Sinoxid-Munition. Warmes Paraffin wird über die Schußhand gegossen. Nach dem Erkalten wird die Paraffinschicht aufgeschnitten und mit der mit Nitraten reagierenden Diphenylamin-Schwefelsäure überstrichen (15). Blaufärbung gilt als Schmauchnachweis. Der Test ist heute wegen seiner geringen Spezifität obsolet (10, 12). Bei Personen, die mit Harn, Kot, Ruß, Tabak und Düngemitteln in Kontakt kommen, ergeben sich häufig falsch positive Ergebnisse. Auch versagt der Test bei Pistolen oft.

Eine andere Methode zum Nachweis von Nitraten ist die LUNGE-Reaktion. Sulfanilsäure und α - Naphtylamin bilden mit den von der Schußhand durch eine HCl-Lösung abgespülten Nitraten einen roten Diazo-Farbstoff. Das Verfahren ist überempfindlich und oft nicht reproduzierbar (7).

Etwas spezifischer sind die chemischen Verfahren zum Nachweis von Pb, Ba und Sb aus dem Zündsatz. Bei uns ist das Natriumrhodizinatverfahren, das auf Ba und Pb anspricht und diese Elemente auch unterschiedlich darstellt, das bekannteste (8, 13, 30). Pb ergibt mit 5 % Natriumrhodizinatlösung und anschließender Zugabe von verdünnter HCl-Lösung einen blauen Farbton. Ba bildet mit Natriumrhodizinat einen braunroten Farbton. Die Rückstände werden durch Abspülen der Hand mit reiner 0,5 %iger HCl-Lösung gewonnen; sie können auch mit feuchter Watte oder einem feuchten Leinenläppchen abgerieben werden. Für den Nachweis von Sb verwendeten HARRISON und GILROY (16) Triphenylmethyларsoniumiodid. Auch BURGER (7) wendete es mit einigem Erfolg an. Die Methode ist spezifisch

und empfindlich genug für den Antimonnachweis, allerdings erst nach Abgabe von zwei Pistolenschüssen. Man erhält eine orange Verfärbung. Noch nach 48 Stunden konnten an ungewaschenen Händen positive Antimonproben erhalten werden. Zugleich abgeriebener Schmutz störte die Reaktion.

Es gibt noch viele andere chemische Nachweismethoden für Pb, Ba und Sb (z. B. die Bleibestimmung mit Dithizon nach F. NEUMANN (24)). Diese Abnahme- und Bestimmungsmethoden sind einfach anzuwenden, aber sie haben oft keine sehr große Sensibilität oder Spezifität, und es gibt viele Störmöglichkeiten bei der Farbentstehung (Schmutz und Blut). Sie sind bis auf wenige (Bleibestimmung mit Dithizon) rein qualitativ. Bei der Bleibestimmung stört auch die heute vorhandene hohe Umweltbelastung, die an von der Hand abgenommenen Leerproben zu positivem Ausfall der Reaktionen ohne Schußabgabe führen kann (7). Bei Ba und vor allem Antimon ist diese Gefahr geringer; in seltenen Fällen aber auch vorhanden. Sb ist das für den Schmauchnachweis spezifischste Element; es ist aber wegen seines geringen Vorkommens im Zündsatz schwieriger nachweisbar.

Kompliziert sind chromatographische Erkennungsmethoden für Pb, Ba und Sb und daher in der Praxis kaum anwendbar (32). Insgesamt werden chemische Verfahren heute nur noch selten für den Schmauchnachweis an Händen angewendet.

3.2 Physikalische Verfahren

Von den physikalischen Nachweismethoden der Schmauchelemente Pb, Ba und Sb wird die Emissionsspektographie in Deutschland am häufigsten verwendet. Sie erzielt quantitative Ergebnisse und ihre Analysensensibilität liegt

für Sb um 10 ng. SCHÖNTAG (26) entwickelte sie für die Schußentfernungsbestimmung. SELLIER und GELLER (27) wiesen mit ihr Schmauch an der Schußhand nach. Die Probegewinnung geschieht durch Abrieb mittels Aqua dest. getränkter Sb- und Pb-freier Augenwatte. Die Watte wird mit Salpetersäure und Perhydrol verascht und der Rückstand mittels einer Spektralkohle im Bogen angeregt. Als Vergleichselement dient in der Watte enthaltenes Eisen. Zur Auswertung wird eine Eichkurve verwendet, die durch Untersuchung von Watteproben, die mit bestimmten Sb-Mengen beschickt werden, erhalten wird.

Zeitaufwendiger und kostspieliger, dafür in ihren Nachweisgrenzen empfindlicher, sind die Neutronenaktivierungsanalyse (NAA) für Sb und Ba (6) und die flammenlose Atomabsorptionsspektroskopie für Pb (FAAS). Die NAA wurde in den USA entwickelt und in Deutschland zuerst von SCHÖNTAG und BAUMGARTNER erprobt (3). Sb wurde durch Neutronenbeschuß im Reaktor in ein radioaktives Isotop, nämlich ^{122}Sb , umgewandelt. Dies zerfällt beim Abklingprozeß in ein β - Teilchen und ein γ - Quant. Die Intensität der γ - Strahlung wird mit einem Gammaspektrometer gemessen. Die Nachweisgrenze liegt im Nanogrammbereich und übertrifft die der Spektrographie. Für den Sb- und Ba-Nachweis an der Schußhand wurde die Methode von KRISHNAN (19) und CORNELIS und TIMPERMAN (9) angewandt. Die FAAS wurde ebenfalls von KRISHNAN (19) und CORNELIS (9) für die Analyse von Blei benutzt. Die Materialgewinnung erfolgte durch Handabrieb mit in HNO_3 getränktem Filterpapier, Paraffin, feuchten Wattebäuschen und der "Film-Lift"-Technik (25).

Sehr empfindlich ist auch die molekulare Photolumineszenztechnik für Pb und Sb (17). Das mit einem Wasserstrahl (Aqua dest.) gewonnene Material wird in HCl -Lösung gelöst, eingefroren und dann im UV-Licht angeregt.

Pb und Sb lumiszieren mit charakteristischen Wellenlängen in der gefrorenen HCl-Lösung. Die Nachweisgrenze liegt im Nanogrammbereich.

Zu erwähnen sind noch die "Charged Particle Induced X-Ray Analysis" (2) sowie die "Electrodeless Plasma Emission Spectrometry" (11) für den Nachweis von Schmauchspuren.

3.3 Morphologisch-Physikalische Verfahren

Zum morphologischen Nachweis von Schmauchrückständen und zum Nachweis von Pb, Ba und Sb kann ein Rasterelektronenmikroskop (REM) in Verbindung mit einem KEVEX-Gerät zur energiedispersiven Röntgenmikroanalyse Verwendung finden. Dadurch erhält man nicht nur Aussagen über das Vorkommen von Schmauchelementen, sondern auch morphologische Informationen darüber, in welcher Form sie vorliegen. Die Methode wurde zuerst von NESBITT, WESSEL und JONES angewandt (22). Sie ist abhängig von der Geräteausstattung. Grundsätzlich sind semiquantitative Mengenangaben möglich.

Zum Verständnis der Methode ist eine Beschreibung des REM und des Röntgendetektors erforderlich. Das schon 1937 von MANFRED von ARDENNE konzipierte, aber erst 1965 technisch ausgereifte REM ermöglicht es, fast dreidimensionale Oberflächenabbildungen von massiven Proben mit einer hohen Auflösung (150 Å) und Tiefenschärfe zu erhalten. Der Nachteil des Durchstrahlungselektronenmikroskops (DEM), nur dünne Präparate mit glatter Oberfläche verwenden zu können, entfällt. Objekte können direkt, nicht wie beim DEM erst mit Hilfe des Abdruckverfahrens, untersucht werden. Beim REM werden die von einer Glühkathode emittierten Elektronen mit einem WEHNELT-Zylinder vorfokussiert, durch Hochspannung (5 - 60 keV) beschleunigt und in einem elektromagnetischen Linsensystem zu

einem 50 - 100 Å dicken, parallelen Strahl gebündelt. Durch vier in einer Ebene liegende Ablenkspulen wird dann der Strahl über die Untersuchungsfläche geführt. Gleichzeitig hierzu läuft ein Elektronenstrahl in einer Oszillographenröhre über einen Bildschirm. Die aus der Probe rückgestreuten Primärelektronen und die aus der Probe emittierten Sekundärelektronen sind das Ergebnis einer Wechselwirkung zwischen Elektronenstrahl und Probenoberfläche. Sie werden mit einem Elektronendetektor nachgewiesen. Dieser moduliert nach Verstärkung die Intensität des Elektronenstrahls des Oszillographen, und so ergibt sich die Bilddarstellung. Das Verhältnis zwischen abgerasterter Probenfläche und der Bildfläche am Monitor ergibt die Vergrößerung (5 - 150 000-fach). Die zu untersuchenden Präparate müssen vakuumbeständig sein und einen sehr geringen Arbeitsstrom tolerieren (10^{-10} A). Die Methode arbeitet also zerstörungsfrei und auch reproduzierbar. Um die Elektronenausbeute zu erhöhen und um unliebsame Aufladungserscheinungen zu vermeiden, wird die Probe vor der Untersuchung mit einer wenige 100 Å dicken Kohlenstoff- oder Schwermetallschicht bedampft. Bei geringer Vergrößerung und anorganischen Materialien ist es möglich, auch ohne Bedampfung auszukommen (siehe Abbildung 2).

Die für die vorliegende Arbeit wichtigste Nebenwirkung des Elektronenstrahles mit der Probenoberfläche ist die sekundäre, elementspezifische Röntgenstrahlung der Probe. Sie kann entweder durch ein Kristallspektrometer nach dem Prinzip der Mikrosonde oder durch ein Energiespektrometer analysiert werden. Das energiedispersive System ermöglicht es, raue Oberflächen in ihrer Elementzusammensetzung zu analysieren, zeitsparend zu arbeiten und relative Mengenverhältnisse direkt festzustellen, wobei die Zählrate hoch und der Strahlstrom niedrig ist (5).

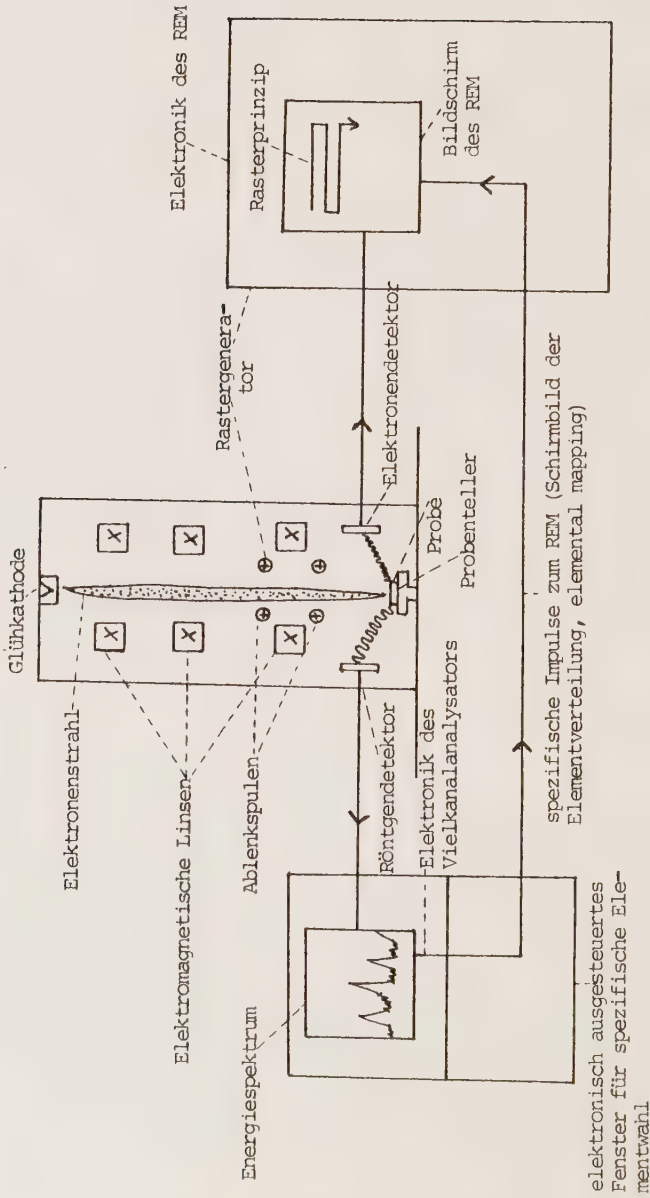


Abbildung 2: Funktionsprinzip des Rasterelektronenmikroskops mit angeschlossenem energiedispersivem Röntgenmikroanalysezusatz (nach BÖHM, E.: Anwendung des REM in der Rechtsmedizin, Beiträge Gerichtl. Med. 28, 122 (1971))

Das energetische Auflösungsvermögen ist schlechter als beim Kristallspektrometer, erreicht aber dennoch ca. 170 eV, was für forensisch-medizinische Zwecke meist ausreicht. Das energiedispersive System besteht aus einem mit flüssigem N_2 gekühlten Si-Li-Halbleiterdetektor, der die emittierten Röntgenstrahlen in elektrische Signale umwandelt, deren Größe der Energie der Röntgenstrahlen proportional ist. Ein Vielkanalimpulshöhenanalysator trennt die Strahlen nach ihrer Energiehöhe und zeichnet so ein Energiespektrum auf. Für ein bestimmtes chemisches Element ergeben sich bestimmte Energiehöhen (Peaks). Jeder Einzelimpuls erscheint als Leuchtpunkt auf dem Bildschirm des Energiespektrometers. Die Zahl der Leuchtpunkte ist proportional der Elementkonzentration der Probe an der betreffenden Stelle. Welche Peaks welchen Elementen zugeordnet werden, kann aus Tabellen, die durch Elementstandards gewonnen wurden, abgelesen werden. Fast jedes Element besitzt mehrere Peaks, die davon abhängen, aus welchem angeregten Zustand (Elektronenschalen) die Elementelektronen in den Ruhezustand zurückkehren. Unterschieden werden $K \alpha_{1,2}$; $K \beta$; $L \alpha$; $L \beta_{1,2}$; $L \gamma$ und M - Linien. Das Auflösungsvermögen des Detektors verursacht gelegentlich Schwierigkeiten bei der Differenzierung der Elemente. Nach Beendigung der Peakaufzeichnung auf dem Bildschirm des energiedispersiven Mikroanalysengerätes kann das Elementbild von einem angeschlossenen XY-Schreiber auf Millimeterpapier übernommen und anschließend ausgewertet werden.

4. Eigene Untersuchungen

4.1 Gerätebeschreibung

Bei der Untersuchung wurde ein "Super-Mini-Sem"[®] Raster-elektronenmikroskop (Modell SMSMT) der Firma "International Scientific Instruments, Inc., GMBH" mit einem Auflösungsvermögen von ca. 100 Å verwendet. Ein Anschluß an eine Polaroid[®] - Kamera war vorhanden. Das Röntgenanalysegerät war ein "KEVEX X-ray energy spectrometer system"[®] der Firma "Kevex Corporation" mit Nachweismöglichkeit der Elemente von der Ordnungszahl 11 (Na) ab. Die Bedampfung der Proben mit einer Goldschicht zur Vermeidung von Aufladungserscheinungen geschah mit einem "Diode Sputtering System Type P-S1"[®] von "International Scientific Instruments." Die Schichtdicke betrug ca. 360 Å nach einer Bedampfungszeit von 2 Minuten im Vakuum mit Argonspülung.

4.2 Probensammlung

Für die Probengewinnung wurde mit einem Klebestreifenverfahren gearbeitet, welches in der naturwissenschaftlichen Kriminalistik und auch bei dieser Untersuchungstechnik schon häufiger angewandt wurde (1, 22). Es ist rasch durchführbar und einfach anzuwenden, außerdem für das REM sehr geeignet. Mit einem transparenten Klebestreifen werden die Haut der medialen Seite des Zeigefingers, die gegenüberliegende Seite des Daumens und die dazwischensliegende Fläche der Daumenschwimnhaut in der angegebenen Reihenfolge kräftig abgetupft bzw. abgerieben und so die an der Hand haftenden Schmauchrückstände gewonnen. Man tupft so lange, bis das Band seine Klebefähigkeit verliert. Zunächst wurde unter den im Handel befindlichen transparenten Klebebändern das für die Versuche geeignetste gesucht. Es wurde Tesafilm D transparent[®] Art.Nr. 553o und

Scotch Tape Nr. 465 adhesive [®] getestet. Das Band sollte eine hohe Adhäsionskraft besitzen, um möglichst viel Schmauch aufnehmen zu können. Andererseits sollte es frei von Elementen sein, auf die geprüft werden sollte, und eine möglichst niedrige Untergrundaktivität an indifferenten Elementen zeigen. Schließlich sollten keine elektrischen Aufladungserscheinungen im REM entstehen. Hierzu wurden Leerproben der Bänder in kleine, 1,5 cm große Rechtecke geschnitten, bedampft und mittels der Röntgenmikroanalyse untersucht. Danach wurden Proben von der gewaschenen Hand gewonnen und ausgetestet. Alle Bänder waren bis zur Nachweisgrenze frei von Pb, Ba und Sb. Sie enthielten die Elemente K, Ca, Ni, Zn, Si in für die Mikroanalyse nicht störenden Mengen. Beim Handabrieb enthielten sie vor allem Na, Cl, Ca, P, S, Si. Diese Elemente dürften von der Schweißsekretion herrühren. Dazu kam jeweils noch Gold von der Bedampfung. Das Scotch Adhesivband Nr. 465 (12 mm breit) hatte jedoch die geringste Untergrundsaktivität. Auch kommt es der Abnahmetechnik sehr entgegen. Es besitzt Klebesubstanz auf beiden Seiten, wobei eine Seite jedoch durch eine Schutzfolie abgedeckt ist. Streifen von ca. 3 cm Länge wurden abgeschnitten und mit der einen Klebeseite und der Schutzfolie nach oben direkt auf den Probenteller gedrückt. Der Probenteller für die Probenbühne des REM ist ein 1,4 cm im Durchmesser großer, glatter Aluminiumzylinder. Nach Schußabgabe mußte also die Schutzfolie nur noch entfernt und mit Probenteller und anhaftendem Klebeband der Schmauch an Daumen und Zeigefinger abgetupft werden. Dieses Vorgehen vermeidet eine Kontamination beim nachträglichen Aufbringen des Klebebandes auf den Probenteller. Auch der Transport der Proben wird auf diese Weise einfach und kontaminationsfrei. Nach der Bedampfung der Proben wurden diese, falls sie nicht sofort untersucht wurden, in einem Vakuumexsiccator gelagert, um sie vor Verunreinigungen zu schützen. Die Probenteller selbst

wurden auf ihre Elementzusammensetzung hin analysiert; sie enthalten Al, Fe, Ni, Cu und Zn, also keine für den Schmauchnachweis wichtigen Elemente. Bei allen Versuchen wurde auf kontaminationsfreies Arbeiten geachtet.

4.3 Geräteeinstellung und Identifizierung der spezifischen Röntgenlinien von Pb, Ba und Sb

Zunächst wurden die charakteristischen Linienbilder der Elemente Pb, Ba und Sb betrachtet. Hierzu wurden auf den Probesteller kleine Mengen von Antimonchlorid, Bariumoxid und Bleiacetat gegeben. Pb hatte seine höchste Intensität auf der M-Linie bei 2,38 keV, außerdem geringere Intensitäten auf der L α - Linie bei 10,5 keV und der L β - Linie bei 12,6 keV. Ba wird durch sein 4 L-Linien und zwar in abfallender Intensität durch die L α - Linie bei 4,45 keV, die L β_1 - Linie bei 4,85 keV, die L β_2 - Linie bei 5,15 keV und L γ_1 bei 5,55 keV nachgewiesen. Antimon besitzt auch 4 L - Linien in abfallender Intensität bei 3,6 keV (L α), 3,85 keV (L β_1), 4,1 keV (L β_2) und 4,3 keV (L γ_1). Die Antimonlinien bei 3,6 und 3,85 keV und die Linien bei 4,1 und 4,3 keV werden häufig als eine Linie gesehen, da das Auflösungsvermögen unseres Gerätes nur ca. 150 eV betrug. Die Identifikation von Pb, Ba und Sb kann erschwert sein, da es zur Überlagerung von Energiespektren mit anderen Elementen kommen kann. Es ist daher unbedingt notwendig, nicht nur eine, sondern möglichst alle charakteristischen Linien des gesuchten Elements zu beachten, insbesondere auch ihr gegenseitiges Intensitätsverhältnis. Um dies zu erreichen, ist eine Geräteeinstellung notwendig, die ein großes Energiespektrum umfaßt. Deshalb wurden für die 512 Kanäle des Energiespektrometers (Hälfte des Speichergedächtnisses) ein Bereich von 0 - 20 keV gewählt, in dem alle interessierenden Spektren lagen. Es reichten immer

512 Kanäle aus, da Elemente jenseits von 20 keV nicht interessierten. Durch den auf einmal betrachteten großen Analysenbereich ergibt sich ein dichtes Peakverteilungsmuster mit hohen Ausschlägen am XY-Schreiber, das alle nötige Information enthält. Auftretende Unklarheiten bei der Elementcharakterisierung konnten mittels einer Geräteeinstellung durch Spreizen des Spektrums beseitigt werden.

4.4 Versuche mit französischem Armeerevolver

Der erste Versuch zum Nachweis von Pb, Ba und Sb wurde mit einem französischen Armeerevolver mit der Munition 8 mm Gasser (kurz) durchgeführt. Da dieses Modell schon sehr alt, der Spalt zwischen Trommel und Lauf ziemlich groß war und nicht mehr dicht abschloß, außerdem noch das Kaliber ziemlich groß war, wurde erwartet, eine große Anzahl von Schmauchpartikeln zu erhalten. Zuerst war die Elementzusammensetzung der Patrone zu prüfen. Hierzu wurde ein Schuß abgefeuert und die in der Hülse verbliebenen verbrannten Pulverteilchen auf den mit Klebeband präparierten Probenteller gedrückt. Bei einer Vergrößerung von 1000 : 1 wurden rautenförmige Pulverteilchen sichtbar, die einwandfrei die Elemente Pb, Sb und Ba bei der Analyse zeigten. In geringer Menge kam Fe und Cu vor. Diese Elemente könnten aus der Hülse oder der Waffe selbst stammen (Lauf). Daraufhin wurden von zwei verschiedenen Personen Leerproben von der Hand, die später die Waffe beim Schuß halten sollte, genommen, um zu prüfen, ob die Hände frei von Pb, Ba und Sb waren. Dieses war der Fall, da nur die Elemente Na, Cl, K, Ca, Ni und Si vorlagen. Auch von der Außenseite der Waffe (Abzug, Griff) wurden Proben abgetupft. Ihre Auswertung ergab keine nachweisbaren spezifischen Elemente.

Die beiden Personen feuerten jetzt je 1, 2 und 3 Schüsse hintereinander ab, ohne ihre Hände dazwischen zu waschen. Diese sechs Proben und außerdem Klebebandabdrücke von der Vorderseite der Trommel und der Laufmündung nach Abgabe der Schüsse wurden untersucht. An den Händen waren nach den Schüssen schon makroskopisch erkennbare Schmauchbestandteile vorhanden. Dennoch war der erste Versuch, Pb, Ba oder Sb nachzuweisen, enttäuschend. Es wurden Flächen in einer Vergrößerung von 30 - 2 000-fach untersucht. Es ergab sich nur bei Person A nach 3 Schüssen ein positiver Bleibefund. Es wurden hohe Nickelkonzentrationen entdeckt, die nicht erklärbar waren. Der Schmauchnachweis von Lauf und Trommel ergab die Elemente Pb, Fe, Ni, K, Ca, Cu, Si, Mn und P.

Offensichtlich war das Gerät für die geringen Mengen an Antimon und Barium bei der Flächenabrasterung zu wenig sensibel. Daraufhin wurde bei den folgenden Experimenten die Punktanalyse verwendet, d. h. die Elementanalyse einer kleinen, punktförmigen Stelle des Bildschirms am REM. So konnten Einzelpartikel analysiert und Informationen über die Morphologie und Größe der Teilchen erhalten werden, in denen Pb, Ba oder Sb vorlagen. Die Empfindlichkeit des Geräts für die Punktanalyse war zufriedenstellend. Zusätzlich wurde die Beschleunigungsspannung des REM von 15 keV auf 25 keV erhöht und so eine größere Ausbeute an emittierter Röntgenstrahlung erhalten. Der Neigungswinkel von Probe zum Detektor wurde auf 45 ° eingestellt. Nach Reinigung der Elektrodensäule des REM und Austausch der Glühkathode (Abnutzung!) wurden sehr scharfe Schmauchpartikelbilder gewonnen. Zur Untersuchung wurde die mit Schmauch beladene Klebebandfläche in 4 Quadranten eingeteilt und diese zeilenförmig abgerastert. So war die ganze Oberfläche zu erfassen. Die Analyse zweier identischer Teilchen wurde durch Ablesen und Registrierung der Koordinaten des Geräts vermieden. Die Suche erfolgte mit einer ca. 200-fachen Vergrößerung.

Die Abbildung aufgefundenener Partikel wurde ca. 1000-fach vergrößert und dann die Punktanalyse durchgeführt. Bei an Pb, Ba oder Sb reichen Proben dauerte die Suche nur wenige Minuten, oft sogar nur Sekunden, bis auf ein Schmauch enthaltendes Körperchen gestoßen wurde. In anderen Fällen mußte die Probe bis zu zwei Stunden durchgerastert werden, bevor sie als nicht eindeutig Schmauchelemente enthaltend bezeichnet wurde.

4.5 Versuche mit 11 Waffen

Die Versuche wurden in einem unterirdischen Schießstand mit gängigen Revolver- und Pistolenmodellen durchgeführt. Die Pistolen hatten alle einen Masseverschluss mit automatischem Hülsenauswurf. Als Schußhand wurde immer die rechte Hand verwendet und auch nur von ihr die Folienabzüge entnommen. Nach Untersuchung einer Leerprobe der Hand zur Identifizierung von spezifischen Elementkontaminationen wurde mit jeder Waffe - wenn nicht anders angegeben - nur ein Schuß abgefeuert. Unmittelbar danach wurde der Folienabzug in der beschriebenen Weise abgenommen und die Bedampfung ausgeführt. Hierauf konnte die Probe entweder sofort untersucht oder bis zur Untersuchung im Exsiccator gelagert werden.

Getestet wurden nun die Pistolen Walther PP cal. 7.65 mm (Munition Geco), Walther PP cal. 9 mm, kurz (Geco), Walther TPH cal. 0,22 l.r. (RWS), Walther PPK cal. 0,22 l.r. (RWS), Walther PPK cal. 7.65 mm (Geco), FN Baby cal. 6.35 mm (Geco), Mauser cal. 7.65 mm (Geco), Böhm Waffenfabrik CZ Mod. 27 cal. 7.65 mm (Geco) und Beretta cal. 9 mm (Geco). Von den Revolvern wurden die Modelle RG 38 Röhm cal. 38 spezial (Geco) und RG 38 T Röhm ca. 38 spezial (038 wad cutter, Geco) untersucht. Die verwendete Munition enthielt immer Pb, Ba und Sb im Zündsatz.

Auffallend war, daß die Rückstandselemente sehr häufig gemeinsam in äußerst regelmäßig geformten Teilchen vorkamen. Diese waren rund bis oval und besaßen einen glatten scharfen Rand. Im Innern waren sie dunkler; der Rand leuchtete häufig halbmondförmig hell auf. Man konnte daher deutlich die sphärische Form erkennen. Meist lagen sie einzeln zwischen grobscholligen, wie mit Kratern durchfurchten, unregelmäßig geformten Platten, die keinen scharfen Rand besaßen und Einrisse aufwiesen. Wahrscheinlich handelte es sich dabei um Reste der verbrannten Nitrozelluloseplättchen. Es kam aber auch vor, daß solche runden bis oval geformten Partikel auf diesen durchlöcherten Schollen wie festgeheftet aufsaßen. Diese sphärische Form der Partikel war sehr charakteristisch für das Vorkommen von Pb, Ba und Sb gemeinsam in einem Partikel (siehe Abbildung 3). Auch die Größe, d. h. der Durchmesser dieser sphärischen Partikel, hielt sich in engen Grenzen. Die meisten hatten einen Durchmesser von 5 - 15 μm . Die sphärischen Partikel waren manchmal mit NaCl-haltigen kugelförmigen Teilchen zu verwechseln, die vom Schweiß herrührten. Sie hatten oft die gleiche Größe und Form. Kleinere runde bis ovale Teilchen (1 - 5 μm) enthielten oft einzelne Elemente wie z. B. nur Cu oder Pb. Aber auch in größeren scholligen, unregelmäßig geformten Platten (Durchmesser häufig 25 - 50 μm) konnte oft Barium nachgewiesen werden; jedoch auch in ihnen kamen - aber seltener - Pb, Ba und Sb gemeinsam vor (siehe Abbildung 4).

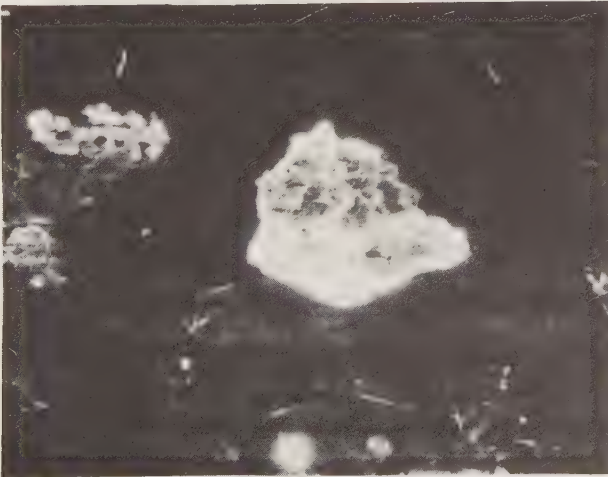
Bei den meisten getesteten Waffen war Pb, Ba und Sb gemeinsam in einem Partikel enthalten; diese Partikel stellten auch die Hauptmasse aller untersuchter Teilchen dar (siehe Abbildung 5).

Abbildung 3:



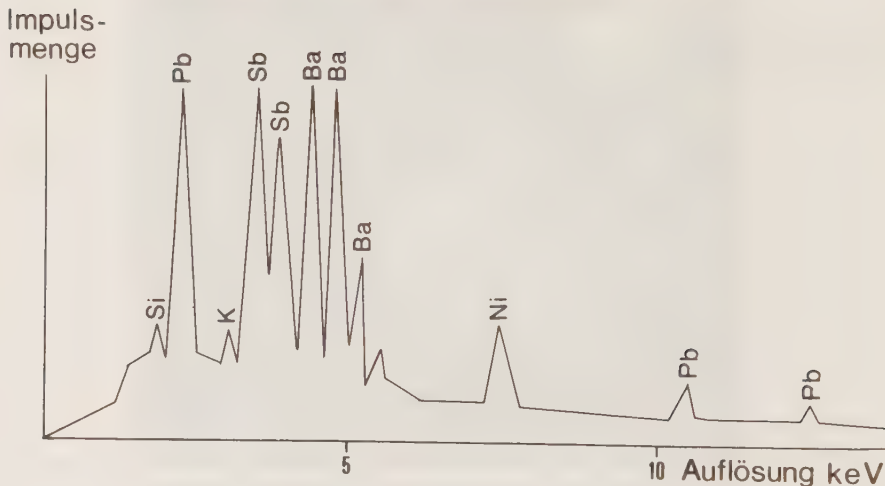
Typisches sphärisches Partikelchen (in Bildmitte), welches Pb, Ba und Sb enthält. Durchmesser ca. 15 μm . Vergrößerung 1 : 2000, Zählrate (Impulse/sec) hoch

Abbildung 4:

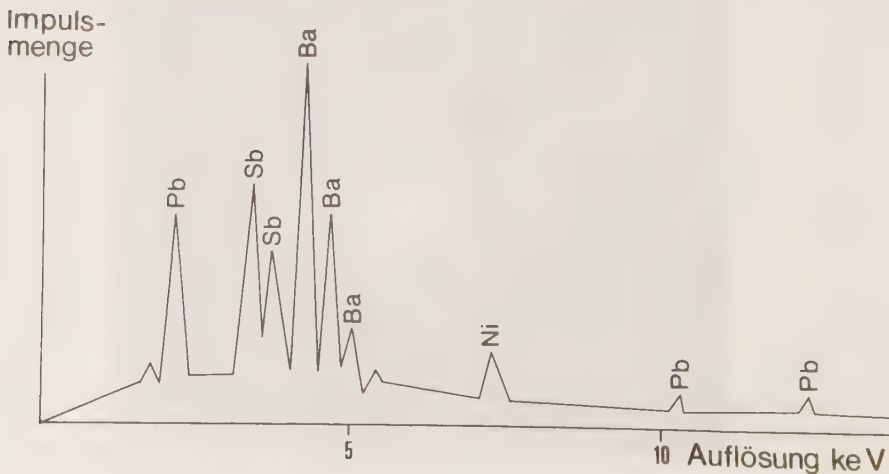


Scholliges Teilchen, welches Pb, Ba und Sb enthält. Durchmesser ca. 40 μm . Vergrößerung 1 : 1000, Zählrate gering

Abbildung 5:



Elementzusammensetzung eines runden Teilchens (6 µm Durchmesser) nach Abgabe eines Schusses aus einer Pistole Walther PP cal. 7.65 mm (Geco). Analysenvergrößerung am Mikroskop: 1 : 1000. Das Superfenster über dem L_{α} -Bariumpeak ergab 5000 Impulse auf eine Gesamtimpulszahl von 40 193.



Anderes ovales Teilchen (ca. 12 µm Durchmesser) nach Abfeuern eines Schusses aus der gleichen Waffe. Sb- und Pb-Mengen deutlich geringer als beim vorherigen Partikel. Das Verhältnis der Ba-Linien zueinander ist hier bei den beiden Spektren unterschiedlich.

Bei einigen Waffen gelang dieser gemeinsame Nachweis jedoch nicht. Der Revolver RG 38 Röhlm, cal. 38 spezial, hinterließ nur Schmauchrückstände in Form reiner Ba- oder Pb-Partikel. Auch bei der Pistole Walther o,22 l.r. konnte nur Ba nachgewiesen werden. Die Pistole Walther TPH o,22 l.r. wies die Kombinationen (Pb, Ba), (Ba, Sb) und Pb allein in den Partikeln auf. Bei den untersuchten 11 Handfeuerwaffen kam 1 Schmauchelement bei einer Waffe, 2 Schmauchelemente bei 2 Waffen und alle 3 Schmauchelemente gemeinsam in einem Partikel bei 8 Waffen vor. Ba konnte durchwegs immer erhalten werden, Antimon in 9 von 11 Fällen und das weniger spezifische Pb in 10 von 11 Fällen (siehe Tabelle 1). Das Material war jedoch nicht so umfangreich, um statistische Auswertungen zu ermöglichen. Eine Erkennung der Waffen durch diese Kriterien dürfte wahrscheinlich nicht gelingen. In Bezug auf die Waffenkaliber ergaben sich keine Unterschiede. Die beiden getesteten Revolver mit großem Kaliber erzeugten sogar geringere Mengen positiver Partikel, womit nicht zu rechnen war. Auch qualitativ war bei einem Revolver nur Ba und Pb zu finden. Vielleicht hinterläßt der Hülsenauswurf zur Seite wie bei den Pistolen doch größere Mengen Handschmauch, als durch den Spalt zwischen Lauf und Trommel bei neueren Revolvern austreten kann.

Anschließend wurde das Verhältnis zwischen Pb, Ba und Sb bei den verschiedenen Waffen untersucht. Hierzu wurde als Bezugselement Ba, welches stets nachweisbar war, genommen. Ein sogenanntes "Superfenster" wurde für den ersten Bariumpeak im Bereich von 4,28 - 4,64 keV am Energiespektrometer festgelegt. Dies gestattete eine selektive semiquantitative Messung der Impulsmenge des ersten Bariumpeaks im Vergleich zur Impulsmenge des Gesamtspektrums und der Elemente Pb und Sb. Die Aufnahmedauer für das Spektrum wurde nicht durch Zeitbegrenzung, sondern durch die Impulsmenge festgelegt.

Tabelle 1: Elementzusammensetzung der an der Schußhand gefundenen Teilchen nach Abgabe je eines Schusses aus 5 Faustfeuerwaffen (Auswahl)

Waffe	Schmauchelemente	Begleitelemente	Partikelform	Partikelgröße
1. Pistole Walther pp, cal. 7.65 mm (Geco)	Pb, Sb Pb, Ba, Sb Pb, Ba, Sb Ba Ba Ba	Si, Ni Si, Ni, Cu Ni, Cu Al, S, Cl, Ca Al, S, K, Ni Al, Si, S, K, Ca, Ni	oval rund rund oval rund unregelmäßig	17 μ 6 μ 8 μ 18 μ 13 μ 20 μ
<u>Ergebnis:</u> Viele Partikel mit Pb, Ba, Sb, einige mit Ba allein. Größe: 6 - 20 μ im Durchmesser.				
2. Pistole Walther pp, cal. 9 mm (kurz,Geco)	Pb, Ba, Sb Pb, Ba, Sb Ba Ba	Ni, Cu Si, Ni, Cu Al, Si, S, K, Ca, Ni, Cu Al, S, K, Ca, Ni	rund rund oval unregelmäßig	13 μ 8 μ 16 μ 11 μ
<u>Ergebnis:</u> Partikel mit Pb, Ba, Sb; Teilchen mit Ba alleine oft nachweisbar. Größe: 8 - 16 μ im Durchmesser.				

Waffe	Schmauchelemente	Begleitelemente	Partikelform	Partikelgröße
3. <u>Pistole FN, Baby,</u> <u>cal. 6.35 mm (Geco)</u>	Pb, Ba, Sb Pb, Ba, Sb Pb, Ba Ba	Ni, Cu Ni, Cu Ca, Ni Al, Si, S, Ca, Fe, Ni, Cu	rund oval unregelmäßig	5 μ 1 μ 6 μ 19 μ
<u>Ergebnis:</u> Pb, Ba, Sb nachweisbar, daneben Pb, Ba und Sb allein. Größe: 1 - 19 μ im Durchmesser.				
4. <u>Pistole Walther TPH,</u> <u>cal. 0,22 l.r. (RWS)</u>	Pb, Ba Ba, Sb Pb	Al, Si, Ca, Ni Si, S, Ni Ni, Cu	rund rund rund	2 μ 3 μ 5 μ
<u>Ergebnis:</u> Pb, Sb, Ba zusammen in einem Teilchen nicht nachweisbar, kleine Partikel. Größe: 2 - 5 μ im Durchmesser.				
5. <u>Revolver RG 38 Röhm,</u> <u>cal. 38 spezial(Geco)</u>	Ba Ba Ba Pb	Al, Si, S, Ni Al, Si, Fe, Ni S, K, Ca Ni	unregelmäßig unregelmäßig unregelmäßig unregelmäßig	24 μ 27 μ 11 μ 6 μ
<u>Ergebnis:</u> Nur Ba und Pb je einzeln nachweisbar, unregelmäßige Teilchen. Größe: 6 - 27 μ im Durchmesser.				

Es mußten 2000 Impulse im ersten Bariumfenster eingegangen sein, ehe die Kurve auf dem XY-Schreiber ausgeschrieben wurde. Dieses Vorgehen erbrachte eine Normierung der Aufnahmebedingungen und vermied optische Verzerrungen, die durch unterschiedliche Aufnahmezeiten des Spektrums entstanden wären. Dabei konnte festgestellt werden, daß die Aufnahmezeit im wesentlichen von den einzelnen Partikeln selbst abhängig war. Bei den runden und ovalen mit glatten Randkonturen war sie in der Regel viel kürzer als bei solchen mit unregelmäßigen Konturen und polymorph geformten Rändern. Die Partikelzählrate (Impulse/sec) war also höher. Eine Beziehung der Spektrumaufnahmezeit zu den einzelnen Waffen konnte nicht festgestellt werden, so daß auf diese Weise eine Identifizierung der Schußwaffe nicht möglich erscheint. Auch das Flächenintegral der Pb-, Ba- und Sb-Peaks zueinander war nur von den einzelnen untersuchten Partikeln abhängig und zeigte keine Erkennungsmöglichkeit für einzelne Waffen- bzw. Munitionstypen. War kein Ba im Spektrum vorhanden, so wurde der erste Sb-Peak im Bereich von 3,44 - 3,72 keV gewählt und dort die Aufnahmedauer mit 2000 Impulsen festgelegt. Das war jedoch nur selten nötig, da der Ba-Peak konstanter nachweisbar war als der Sb-Peak und fast bei jeder Waffe erschien.

4.6 Berührung von Waffen ohne Schußabgabe

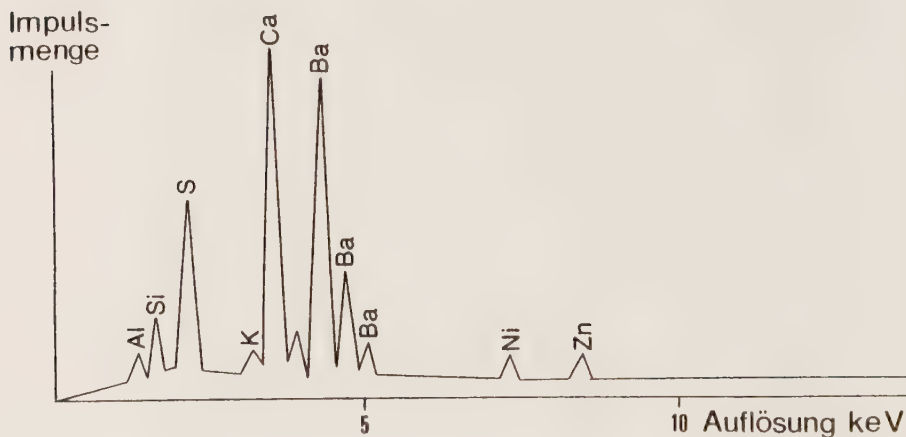
Es stellt sich oft die Frage, ob der Nachweis der Schmauchelemente Pb, Ba oder Sb auch dann möglich ist, falls die Schußwaffe von einer Person zufällig oder absichtlich nur berührt wurde, ohne daß diese einen Schuß abgab. Ein paar Tage nach der letzten Abgabe eines Schusses und innerer Reinigung der Waffe mit dem üblichen Reinigungszubehör wurden deshalb die Waffen

mit der gewaschenen rechten Hand in Schußrichtung gehalten und ein wenig hin- und herbewegt. Anschließend wurden von den üblichen Stellen der Hand Proben genommen. Bei 5 von den 11 Waffen konnten Bariumpartikel nachgewiesen werden (siehe Tabelle 2). Bei der Waffe Walther PP, cal. 9 mm ergab sich eine geringe Bariumkonzentration der Partikel, z. B. bei 1000 Impulsen auf dem ersten Bariumpeak, eine Gesamtimpulsmenge von 29 024. Bei den anderen 4 Waffen war die Impulsmenge einzelner Partikel z. B. Walther PP, cal. 7.65 mm 2000 Ba-Impulse auf 14 044 Gesamtimpulse (siehe Abbildung Nr. 6); Walther TPH (2000/20 937), FN Baby (2000/15 360), RG 38 T (2000/23 648). Die Partikel, in denen Barium gefunden wurde, waren nicht sphärisch, sondern in den meisten Fällen schollig mit unregelmäßig konturiertem Rand, seltener ellipsoid mit regelmäßigen Konturen. Die Größe schwankte von ca. 5 - 30 μ m. Es kamen also keine kugeligen Teilchen vor, die alle drei Schmauchelemente zugleich enthielten. Pb und Sb wurden nicht entdeckt. Es könnte daraus vielleicht gefolgert werden, daß der Nachweis von Ba allein noch keine Aussage zuläßt, ob jemand einen Schuß abgefeuert oder die Waffe nur in der Hand gehalten hat. Allenfalls der Nachweis von Pb, Ba und Sb gemeinsam in charakteristischen Partikeln wäre beweisend. Außer Barium fanden sich eine Vielzahl anderer Elemente, z. B. Fe, Cu, Ni, Ca, K, Cl, S etc. (siehe Tabelle 2).

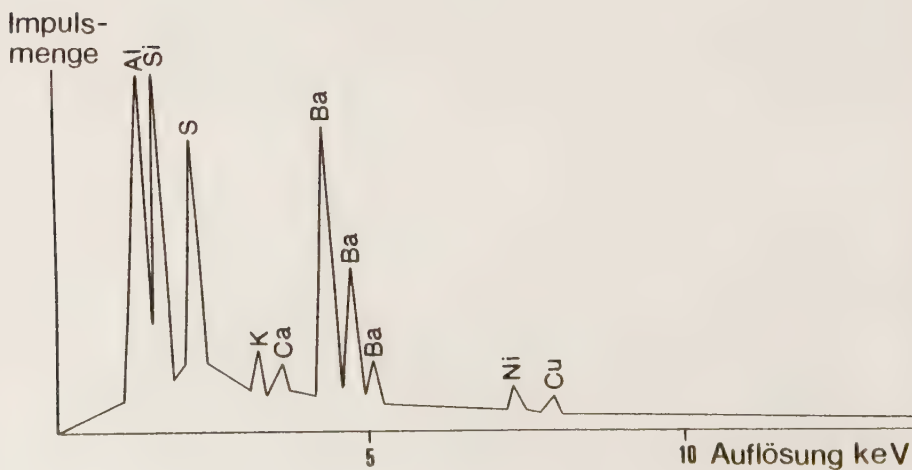
4.7 Blindversuch mit drei Waffen

Um die bisherigen Ergebnisse in die Praxis umzusetzen und um systematische Fehler des Untersuchers auszuschließen, wurde ein Blindversuch durchgeführt. Dabei wußte der Untersucher nicht, welche Proben Leerproben waren, welche von der Schußhand kamen und welche nur von der Berührung der Waffe stammten. Es wurden hierzu

Abbildung 6:



Elementspektrum eines scholligen Partikels (10 µm Durchmesser) nach Berührung einer Pistole Walther PP cal. 7.65 mm. Das Superfenster über dem L - Bariumpeak zeigte 2 000 Impulse auf eine Gesamtimpulszahl von 14 044. α



Elementzusammensetzung eines anderen scholligen Partikels (20 µm Durchmesser) nach Berührung einer Pistole Walther PP cal. 7.65 mm (2 000 I_{α} -Bariumimpulse auf 21 294 Gesamtimpulse).

Tabelle 2: Berührung von Waffen, die einige Tage vorher geschossen und innerlich gereinigt wurden. Das Anfassen erfolgte am Abzug und am Griff.

Waffe	Schmauchelemente	Begleitelemente
1. Beretta, cal. 9 mm	----	Si, K, Ca, Ni, Cu, Zn
2. Walther PP, cal. 7.65 mm	Ba (Partikel schollig)	Al, Si, S, K, Ca, Ni, Zn
3. Walther PPK, cal. 0,22 l.r.	----	Na, Si, K, Ca, Ti, Fe, Ni, Cu, Zn
4. Walther TPH, cal. 0,22 l.r.	Ba (Partikel schollig)	Al, Si, S, K, Ca, Ni
5. Walther PPK, cal. 7.65 mm	----	Si, Cl, K, Ca, Ti, Fe, Ni, Cu, Zn
6. Walther PP, cal. 9 mm (kurz)	Ba (Partikel schollig)	Si, P, S, Cl, K, Ca, Ni, Cu
7. FN Baby, cal. 6.35 mm	Ba (Partikel ellipsoid)	Ni
8. RG 38 Röhm, cal. 38 spezial	----	K, Fe, Ni, Cu
9. RG 38 T Röhm, cal. 38 spezial	Ba (Partikel schollig)	S, Cl, K, Ca, Fe, Ni, Cu, Zn
10. Mauser cal. 7.65 mm	----	Si, S, Cl, K, Ca, Ni, Zn
11. Böhm CZ Mod. 27, cal. 7.65 mm	----	Na, Si, Cl, K, Ca, Zn
<u>Ergebnis:</u> Bei 4 Pistolen und 1 Revolver lassen sich Ba-Partikel finden. Größe: 10 - 30 µ. Form: meist schollig.		

drei Selbstladepistolen gleichen Kalibers und gleicher Munition verwendet, nämlich eine Mauser cal. 7.65 mm (Geco), eine Walther PPK cal. 7.65 mm (Geco) und eine Cz Modell 27 cal. 7.65 mm (Geco) der Waffenfabrik Böhm. Mit den drei Waffen wurden je 1 mal 1 Schuß, je 1 mal 2 Schüsse und je 1 mal 3 Schüsse abgefeuert. Dazwischen wurden die Hände mit Wasser und Seife 2 Minuten lang gründlich gereinigt. Außerdem wurden 3 Proben hergestellt, bei denen die Waffen ohne Schußabgabe nur berührt wurden. Von 4 Proben wurde ein leerer Handabklatsch angefertigt und eine Probe blieb vollständig leer. Die Proben, bei denen ein Schuß abgefeuert wurde, konnten alle eindeutig identifiziert werden, also sowohl nach Abgabe eines Schusses als auch nach zwei und drei Schüssen. Der Versuch, von der Menge der Schmauchpartikel auf die Anzahl der abgegebenen Schüsse zu schließen, scheiterte. Die Identifizierung erfolgte durch den Nachweis von Pb, Ba und Sb gemeinsam in einem Partikel. Es konnten bei jeder Schußprobe nach kurzer Zeit mehrere solcher Partikel gefunden werden. Die Zählrate der Impulse war bei ihnen meist hoch. Damit war die Abgabe eines Schusses praktisch bewiesen. Die Form und Größe der Partikel war charakteristisch und entsprach denen der vorherigen Versuche. Es gelang nicht, die Abklatschproben der sauberen Hand und die Abklatschproben nach Berührung der Waffe zu unterscheiden. Hierbei wurde eine Vielzahl "indifferenter" Elemente festgestellt, die keine Zuordnung zuließ. Die völlig leere Probe konnte schon makroskopisch an ihrer unverändert Klebeschicht erkannt werden. Sie enthielt lediglich die Elemente des Klebebandes.

4.8 Der Zeitfaktor

Weiter war zu klären, nach welcher Zeit, nachdem eine Person eine Waffe abgefeuert hat, noch Schmauchelemente an ihrer Schußhand nachweisbar bleiben. Dies ist

natürlich auch eine Frage der Tätigkeit der Schußhand nach Schußabgabe. Um dies zu untersuchen, wurde eine Selbstladepistole der Marke Walther PPK cal. 7.65 mm (Munition Geco) benutzt. Acht Personen feuerten je einen Schuß mit ungewaschener Hand ab. Danach gingen sie ihrer gewohnten Tätigkeit nach, die aus Labor- bzw. Schreibarbeiten bestand. Es wurde ihnen nur zur Auflage gemacht, ihre Hände nicht zu waschen. Nach 1, 2, 3, 4, 5, 6 und zweimal nach 12 Stunden wurden die Proben abgenommen und untersucht. Nur bei der Probeabnahme nach 1 Stunde nach Schußabgabe konnten eindeutig Schußrückstände identifiziert werden, nämlich Pb, Ba und Sb gemeinsam in charakteristischen Partikeln. Die Person war in der Zwischenzeit im Regen zum Einkaufen gegangen und hatte gegessen. Bei allen späteren Zeiten nach Schußabgabe fielen die Versuche negativ aus. Allerdings war bei einer Person noch nach 12 Stunden Pb an der Hand feststellbar, was aber nicht beweisend für Schußabgabe gewertet wurde.

Schließlich wurde die Wirkung des Händewaschens auf den Schmauchnachweis überprüft. Von sieben Personen wurde mit einer Pistole Walther PPK cal. 7.65 mm (Geco) ein Schuß abgefeuert und sofort darauf die Hände mit Wasser und Seife gründlich gewaschen. Bei sechs Personen konnten keine spezifischen Rückstände mehr festgestellt werden. Immerhin bei einer Person fand sich Barium mit einer hohen Impulsmenge (2000/28 057) in einem scholligen Partikel von ca. 5 µm Durchmesser.

Zum Abschluß führten wir noch einmal einen Versuch mit dem französischen Armeevolver durch, bei dem anfangs infolge unzureichender Geräteeinstellung und Untersuchungstechnik keine positiven Ergebnisse erzielt wurden. Jetzt konnten nach Abgabe eines Schusses mehrere Pb, Ba und Sb enthaltende typische Partikel nach kurzer Suchdauer ohne Schwierigkeiten identifiziert werden.

5. Diskussion

5.1 Ort der Abnahme

Es stellt sich die Frage, wieviele Proben und an welcher Stelle von den Händen eines Verdächtigen abgenommen werden sollten, um eindeutige Ergebnisse über die Herkunft der Schmauchspuren zu erhalten. SELLIER (28) empfiehlt die einander zugekehrten Flächen von Zeigefinger und Daumen der rechten und linken Hand sowie als Blindproben die einander zugekehrten Flächen von Mittel- und Ringfinger an beiden Händen, also 4 Abnahmestellen. Als positiver Nachweis einer Schußabgabe wären nur hohe Rückstandskonzentrationen an Daumen und Zeigefinger der Schußhand zu werten, wenn an den drei anderen Abnahmestellen wenige bis keine Schmauchpartikel aufträten. Gleichzeitige Beschmauchung aller vier Stellen könnte für folgendes sprechen:

- a) Übertragung des Schmauchs von einer zur anderen Hand durch Tätigkeit nach dem Schuß (18),
- b) Beschmauchung durch Stehen in der Nähe des Schützen (9),
- c) Schußabgabe mit beidhändig gehaltener Faustfeuerwaffe oder mit Langwaffen (Schmauch aus der Laufmündung trifft auf die linke Hand (20),
- d) Manipulation der abgefeuerten Waffe (Laufmündung), Laden der Waffe, Aufheben von Patronenhülsen,
- e) dichter Pulverdampf im Raum nach Abgabe mehrerer Schüsse (9).

Ein weiterer Aufschluß über den möglichen Schützen wurde durch getrennte Analyse der Dorsal- und Palmarseite der

Hand erwartet, in der Vorstellung, daß bei bloßem Anfassen der Waffe und bei anderen Manipulationen nur die Palmar-seite beschmaucht wäre (9). KRISHNAN (20) berichtete sogar in einigen Fällen von einer höheren Pb-, Ba- und Antimonkonzentration auf der Palmarseite der Hand als auf der Dorsalseite. Die meisten Untersucher begnügen sich mit zwei Abnahmestellen, nämlich den einander zugekehrten von Daumen und Zeigefinger der rechten und linken Hand. In den meisten Fällen dürfte dies vollkommen ausreichen. Vorsicht bei der Auswertung unklarer Fälle scheint geboten.

5.2 Abnahmemethode

Mehrere Probengewinnungsmethoden wurden schon eingangs beschrieben. Wie bereits erwähnt, eignet sich die Klebebandmethode für das REM. Sie ist schnell und einfach durchführbar. Die auf den Probentellern befestigten Klebestreifen sind bequem und kontaminationsfrei mitzuführen. Außerdem schädigt dieses Vorgehen die Haut des Verdächtigten nicht, was z. B. mit Wattebäuschen, die mit verdünnter Salz- oder Salpetersäure getränkt wurden, nicht immer gewährleistet ist. Das topographische Verteilungsmuster der Schmauchelemente bleibt, wenn nötig (29), erhalten. Für das REM wäre auch noch die sogenannte "Film-Lift-Technik" anwendbar (25). Ähnlich wie beim Paraffintest wird ein selbst hergestellter Flüssigkeitsfilm über die Hand ausgebreitet. Nach Antrocknen läßt sich die Filmschicht von der Hand abschälen. GOLEB und MIDKIFF (14) verglichen die Film-Lift-Technik mit der Klebebandmethode (Scotch[®] Brand Tape) und der Wattebauschmethode in bezug auf ihr Sammelvermögen für Antimon und Barium. Die Analyse erfolgte quantitativ mittels der FAAS. Die Klebebandmethode schnitt hierbei am besten ab. Das Klebeband war praktisch frei von Ba

und Sb. Durch eine einzige Anwendung wurde der gesamte Schmauch von der Hand entfernt. Eine zweite Entfernung ergab keine signifikanten Mengen an Ba und Sb mehr. In 9 von 10 Fällen konnte nach Abgabe eines Schusses ein positiver Schmauchnachweis erbracht werden. Von den auf dem Markt befindlichen Klebebändern erfüllen wohl die meisten die schon früher beschriebenen Voraussetzungen. ANDRASKO und MAEHLI (1) wählten Sellotape[®], NESBITT et al. (27) entschieden sich für Scotch[®] Tape. Aber auch Tesafilm ist sicherlich verwendbar. Es ist noch festzuhalten, daß die Klebeschicht nicht zu dick sein sollte, damit die zu untersuchenden kleinsten Partikel nicht vollständig in sie eintauchen und so der Analyse schwer zugänglich sind.

5.3 Charakter des Schmauches

Die Verbindungen der Treibladung (Nitrite, Nitrate) sind ubiquitär vorhanden. Daher wird vor allem die Elementzusammensetzung des Zündsatzes zum Schmauchnachweis benutzt. Pb, Ba und Sb sind in den meisten Zündsätzen anwesend und gelten als Standardelemente für den Schmauchnachweis. Pb ist heute fast ubiquitär (Pb in Benzin) und hat hiermit die geringste Spezifität. In hoher Konzentration oder in Verbindung mit Ba und Sb ist es jedoch auch aussagekräftig. Sb und Ba kommen im Zündsatz in viel geringerer Konzentration als Pb vor, sind aber in der Umgebung sehr selten. Seltsamerweise wurden selbst in solchen Fällen, in denen im Zündsatz kein Ba oder Sb vorhanden war, diese Elemente nach Schußabgabe auf der Hand entdeckt (23). Es wurde vermutet, daß mit der Waffe früher Schüsse mit Ba- und Sb-haltiger Munition abgegeben wurden.

Auch andere Elemente können, wie WOLTEN und NESBITT (33) in neueren Untersuchungen ausführten, in Verbindung

mit Pb, Ba oder Sb charakteristisch für Schmauchpartikel sein, so etwa: (Ba, Ca, Si) mit einer Spur S, oder (Ba, Ca, Si) mit einer Spur Pb, falls Cu und Zn nicht vorhanden sind, oder (Pb, Ba, Sb) oder (Sb, Ba). Die Kombinationen (Pb, Sb), (Pb, Ba), (Pb), (Ba) falls S abwesend ist und (Sb) kommen sehr häufig in Partikeln von Schußrückständen vor, sind aber nicht immer charakteristisch. Zusätzliche Elemente in den Partikeln, die den Schmauchnachweis nicht tangieren, sind genau definiert, z. B. Si, Ca, Al, Cu, Fe, S, P etc.

Da das REM-Verfahren nicht quantitativ ist und sich kleinste Mengen von Ba und Sb auch auf den Händen von Normalpersonen befinden (z. B. durch die aufwendige NAA nachweisbar), ist auch auf die Morphologie der Teilchen zu achten, um falschen Interpretationen vorzubeugen. NESBITT und WESSEL (22) beschrieben drei Arten von Schmauchpartikeln. Große Partikel von 10^{-3} bis 10^{-1} cm im Durchmesser mit glatt konturierter Oberfläche und Rändern, durchbohrt von Kratern, stellen Rückstände des teilweise verbrannten, rauchlosen Treibsatzes dar. Es handelte sich um leichte Elemente, wie mit Hilfe der gaschromatographischen Massenspektroskopie gezeigt wurde. Auf ihrer Oberfläche konnte mit einem "Ion microprobe mass analyser" eine dünne Schicht von Pb, Ba und Sb nachgewiesen werden, was mit dem energiedispersiven REM-Verfahren nicht gelang, da es 10^6 -mal weniger empfindlich reagiert. Diesen Partikeln wurde bei unserer Untersuchung keine Beachtung geschenkt. Die beiden anderen Partikelarten wurden entdeckt und bereits erwähnt, nämlich die sphärischen Formen von $3 \cdot 10^{-4}$ bis $3 \cdot 10^{-3}$ cm Durchmesser, die heller als ihre Umgebung erschienen wegen der Wechselwirkung der Elektronen mit schweren Elementen (Pb, Ba, Sb, Cu). Die dritte Gruppe hatte unbestimmte Formen und eine Größe von $1 \cdot 10^{-4}$ bis $5 \cdot 10^{-2}$ cm im Durchmesser. Sie kamen seltener als die runden Partikel vor und waren am schwierigsten von verunreinigenden Umgebungspartikeln zu unterscheiden.

5.4 Unterscheidung von Umgebungspartikeln und beruflich bedingten Rückständen

Viele Umgebungspartikel haben Ähnlichkeit mit den drei Klassen von Schmauchpartikeln. Autoabgase erzeugen z. B. Partikel, die der dritten Klasse ähneln und die Pb (Bleitetraaethyl) enthalten. Fast immer jedoch ist auch Brom enthalten, welches bei Schmauchpartikeln nicht vorkommt. Blei allein ist zum Nachweis von Schußrückständen sowieso ungeeignet. Viele Sprays bilden runde Partikel in der Größenordnung von 10^{-4} bis $3 \cdot 10^{-3}$ cm, z. B. auch Sprays von geschmolzenen Metallen oder Salzen, Plastiksprays etc. (22). Die Elementanalyse ist daher sehr wichtig. Viele Berufsgruppen haben ein erhöhtes Risiko, mit Pb, Ba oder Sb in Berührung zu kommen: Bleischmelzer, Metallarbeiter, Automechaniker (Pb, Ba), Arbeiter in der Batterieherstellung (Pb, Ba, Sb), Beschäftigte in Papierfabriken (Ba) und den pyrotechnischen Industrie, Elektriker (Sb aus Isoliermaterial), Glasbläser usw. Die Elementkonzentrationen der Hände sind zwar oft niedrig, es kann jedoch auch bei quantitativer Analyse zu Grenzwerten kommen. Hier wird die Morphologie der Teilchen wichtig. Sphärische Partikel mit Pb, Ba und Sb in einem Teilchen kommen praktisch nur bei Schmauchrückständen vor.

MATRICARDI und KILTY (21) stellten auch fest, daß die weitaus größte Menge von Pb, Sb und Ba bei Schußrückständen in Partikelform vorliegt und sehr wenig in der über den Teilchen verteilten amorphen Schicht.

5.5 Auswertung der Spektren und Geräteprobleme

Das Bild der rückgestreuten Elektronen wird im allgemeinen dem Sekundärelektronenbild am REM vorgezogen, da es mehr von der Ordnungszahl der Elemente abhängig ist.

Elemente mit hoher Ordnungszahl (Pb, Ba, Sb, Fe, Cu) erscheinen heller und können so leichter als Schußrückstände identifiziert werden, während Partikel mit kleiner Ordnungszahl eher unsichtbar bleiben (21). Eine Anregungsspannung von 25 - 30 keV ist zur Erzielung von klaren, scharfen Bildern ausreichend. Es kann notwendig werden, die Beschleunigungsspannung des REM bei einem Partikel herabzusetzen, der vor allem aus Nitrocellulose besteht, um ihn nicht vor der Analyse zu zerstören. Bei der Auswertung des energiedispersiven Elementspektrums ist folgendes zu beachten. Die Hauptlinie des Ca liegt bei 3,69 keV und überlappt die Antimon L-Spektren. Man muß daher die Analyse überwachen, um die Anwesenheit des Sb bei ca. 3,60 keV auf Grund des Intensitätsverhältnisses von 1 : 0,8 für die beiden sichtbaren Antimonlinien zu bestätigen. S besitzt K-Linien bei 2,31 und 2,46 keV, die sich nicht trennen lassen und die Pb M-Linie bei 2,38 keV überlagern. Auch die M-Linie von Hg alter Zündsätze kann mit der Bleilinie interferieren. Es ist daher die Blei L-Linie bei 10,5 keV zur Bestätigung des Bleinachweises zu überwachen. Ti-Linien können die beiden ersten Ba-Peaks stören. Es kann nötig werden, das Spektrum zu spreizen oder die Analysezeit zu verlängern, um die fraglichen Peaks deutlicher heraustreten zu lassen. Das wellenlängendispersive Verfahren hingegen kann Pb von S und Sb von Ca leicht trennen. Dies kann wichtig werden, da in vielen Zündsätzen S und Ca enthalten sind (22).

Eine spezielle schnelle Suchmethode für Pb-, Ba- und Sb-Partikel versuchten MATRICARDI und KILTY zu finden (21). Mittels der Punktanalyse rasterten sie langsam die Probenoberfläche ab und beobachteten, ob sich die Zählrate vergrößerte, da diese mit steigender Ordnungszahl ansteigt. Diese Technik erwies sich aber als zu langsam, da auch nicht alle Partikel, die hohe Zählraten aufwiesen, aus Schmauchelementen bestanden,

sondern z. B. aus Si, Ca oder Fe. Auch bei der vorliegenden Arbeit wurde versucht, auf diese Weise die Suche zu beschleunigen. Das Ergebnis war ebenfalls negativ.

Nochmals muß hervorgehoben werden, daß bereits ein einziger Partikel für Schußrückstände sprechen kann. Es wird daher leichter sein, den positiven Nachweis einer Schußabgabe zu führen, als bei negativem Versuch zu behaupten, der Betreffende habe nicht geschossen, da es ja notwendig ist, die Analyse in wirtschaftlich vertretbarer Zeit (max. 2 Stunden) durchzuführen. Auf die Bedeutung der günstigsten Röntgendetektoreinstellung sei noch hingewiesen. Der Detektor sollte dicht neben dem einfallenden Elektronenstrahl liegen und die Proben-Detektor-Entfernung sollte möglichst gering sein. Auch auf den Öffnungswinkel des Detektors in bezug auf die Probe ist zu achten.

5.6 Ergebnisse

5.6.1 Waffen- und Munitionsart

Es kann zwischen Schmauchrückständen von Langwaffen und von Faustfeuerwaffen unterschieden werden. Die meisten bisherigen Untersuchungen wurden an Handfeuerwaffen durchgeführt. KRISHNAN (20) beschäftigte sich vor allem mit Langwaffen. Der Verschluß ist bei diesen Waffen, ausgenommen den halbautomatischen, während der Schußabgabe geschlossen. Deswegen wird man bei den meisten Gewehren weniger Schmauch an der Hand finden als bei Revolvern und Pistolen. Die größte Menge an der Schußhand rührt von den Öffnungsspalten des Abzuges her. An der linken Hand kann sich in Abhängigkeit von der Lauflänge Schmauch von der Laufmündung her ablagern. Dies kann sogar die Rückstandsmenge an der rechten

Hand übertreffen, besonders bei abgesägten Langwaffen (20). Dies könnte das REM-Verfahren allerdings nicht bestätigen, da es keine quantitativen Ergebnisse zuläßt. Somit fällt beim REM auch der quantitative rechts-links-Vergleich an der Hand und der quantitative Leerenwert der Hand zugunsten der Morphologie weg. Es wurde häufig der Versuch gemacht, aus den Schmauchrückständen auf die verwendete Waffe bzw. Munition zu schließen. SELLIER (29) versuchte es aus der topographischen Anordnung der Schmauchspuren auf der Hand mittels der quantitativen Spektroskopie. Er konnte bei einigen Faustfeuerwaffen Unterschiede herausarbeiten. Auch aus dem Verhältnis von Pb, Sb und Ba versuchte man Kriterien über die verwendete Waffe ohne großen Erfolg zu gewinnen (22). Es variierte in hohem Ausmaß bei gleicher Waffe bzw. Munition, wie wir durch unsere Versuche bestätigen konnten. Die Oberflächenmorphologie verschiedener Munitionsarten wurde mit Hilfe des REM von BÖHM und KLINGELE geprüft (4). Es fanden sich deutliche morphologische Unterschiede in der Partikelausbildung. Neuere Untersuchungen von WOLTEN und NESBITT (33) zeigten, daß sich die Zahl der auf die Schußhand geschleuderten Schmauchteilchen umgekehrt proportional zur Geschwindigkeit V_0 an der Laufmündung verhält und direkt proportional zur Lauflänge. Außerdem beobachteten sie Veränderungen im Verhältnis von Zündsatz- zu Treibsatzpartikeln in Abhängigkeit von V_0 und der Lauflänge. Auf diese Weise gelang es ihnen, den Munitions- und Waffentyp einzugrenzen. Im allgemeinen sind solche Untersuchungen für die routinemäßige Anwendung zu kompliziert und arbeitsaufwendig. Dagegen sprechen auch Versuche von CORNELIS und TIMPERMAN (9). Sie ließen 12 Schutzleute ihre eigene Dienstpistole (gleicher Waffentyp, gleiche Munition) dreimal abfeuern. Die Unterschiede der niedergeschlagenen Mengen an Pb, Ba und Sb schwankten um den Faktor 40 bei Sb,

15 bei Ba und 12 bei Pb. Offensichtlich hängt die gefundene Schmauchmenge in hohem Maße von der schießenden Person selbst und dem Funktionszustand der Waffe ab. Auch wenn eine Person dieselbe Waffe mehrmals in Abständen abfeuern würde, könnte es wahrscheinlich zu unterschiedlichen Schmauchablagerungen kommen. Die Schußbedingungen wechseln von Schuß zu Schuß, und man kann auch nicht unbedingt von der konstanten Zusammensetzung der Munitionschargen ausgehen. In unklaren Fällen sollte der mögliche Schütze mit der angeblichen Tatwaffe unter den gleichen Bedingungen wie am Tatort Vergleichsschüsse machen, um eventuell Aussagen über verwendete Waffe bzw. Munition machen zu können.

Ein beträchtlicher Unterschied in der abgesetzten Rückstandsmenge besteht zwischen Schüssen im umschlossenen Raum und im Freien. Viele Autoren konnten im Freien wegen des Luftzugs bei Vergleichsschüssen nur viel geringere Schmauchmengen als in Räumen nachweisen (9, 23).

Eine wichtige Frage ist die Feststellung der Zahl der abgegebenen Schüsse. CORNELIS und TIMPERMAN (9) fanden mittels der NAA nur für Ba eine Proportionalität zwischen der Zahl der Schüsse und der Konzentration der Rückstände an der Hand. Bei Sb verringerte sich die Menge nach mehreren Schüssen sogar leicht. Es wird also sogar mit quantitativen Methoden nur schwer möglich sein, von der niedergeschlagenen Schmauchmenge auf die Anzahl der abgegebenen Schüsse zu schließen. Die Frage, ob ein möglicher Täter die Waffe nur berührt bzw. manipuliert oder mit ihr geschossen hat, ist oft schwer zu entscheiden. Wir fanden bei Berührung von 5 Waffen und Wiederhinlegen derselben nur Bariumpartikel, aber keine Sb- oder Pb-haltigen Teilchen. Dies würde bedeuten, daß Barium sich am längsten an der Waffe halten könnte. Die verwendeten Waffen waren

innerlich gereinigt und ein paar Tage nicht abgefeuert worden. Es kommt aber auch sicherlich darauf an, wo man die Waffe berührt und nach welcher Zeit, nachdem letztmalig geschossen wurde. An der Laufmündung dürfte man höhere Konzentration erhalten als am Abzug. KRISHNAN (20) beobachtete einen Schmauchabfall an einem Gewehr mit der Zeit, auch ohne daß an ihm manipuliert wurde. Ein zwei Tage vorher beschossenes Gewehr zeigte keine signifikanten Schmauchkonzentrationen an der Hand bei Berührung an der Laufmündung. Dies steht im Widerspruch zu unseren Ergebnissen, da wir von Waffen, die seit Tagen nicht gefeuert wurden, noch Ba-Teilchen an der Hand nachweisen konnten. KRISHNAN verwendete jedoch die quantitative NAA. SELLIER und GELLER (27) konnten mit der Spektrographie beim "Spielen" am Abzug einer soeben abgeschossenen Waffe in allen Fällen Sb nachweisen. CORNELIS und TIMPERMAN (9) erhielten mit der NAA und FAAS beim Aufheben und Hinlegen von Handfeuerwaffen Leerwerte von Pb, Ba und Sb an der Hand. Beim Entladen, Manipulieren und Reinigen der Waffen entstanden aber so hohe Konzentrationen, daß sie mit denen nach Schußabgabe verwechselt werden konnten. Allerdings würde durch den rechts-links- und dorsal-palmar-Vergleich eine gewisse Differenzierungsmöglichkeit bestehen.

5.6.2 Zeitfaktor und Tätigkeit nach Schußabgabe

In der Regel wird ein Verdächtiger nicht unmittelbar nach Schußabgabe ergriffen und steht somit nicht für sofortige Abklatschproben zur Verfügung. Es ist also wichtig, daß das Verfahren auch nach einiger Zeit noch positive Schmauchspuren nachweisen kann. Hierbei kommt es auch darauf an, was der mögliche Schütze in der Zeit zwischen Schußabgabe und Probeentnahme mit seinen Händen gemacht hat. Am günstigsten ist es, dem Verdächtigten gleich nach Ergreifung die Handproben abzunehmen.

Falls dies nicht möglich ist, sollten die Hände mit Plastikeinmalhandschuhen vor möglichen Rückstandsverlusten geschützt werden. Der Täter sollte seine Hände auch nicht aneinander reiben oder in die Hosentasche stecken, was zu einer erheblichen Schmauchreduktion führen würde (23). CORNELIS und TIMPERMAN (9) beschrieben einen steilen Konzentrationsabfall von Pb, Ba und Sb nach Schußabgabe selbst ohne Tätigkeit der Hände, vielleicht durch Schweißabsonderung ausgelöst. Dies könnte auch die Abnahme des Schmauchs an den Händen von Selbstmördern erklären. Wir selbst untersuchten die Hände eines Selbstmörders mehrere Stunden nach Schußabgabe mit einer Pistole der Marke Beretta (9 mm), konnten aber keine Schmauchteilchen mehr nachweisen. Bei CORNELIS und TIMPERMAN (9) waren die Schmauchkonzentrationen bis zu 2 1/2 Stunden nach Schußabgabe ohne Tätigkeit der Hände signifikant. SELLIER (28) stellte die Abnahme der Schmauchkonzentration ohne Tätigkeit in Frage, da es nur schwer möglich sei, für zwei Stunden die Hände eines Probanden völlig ruhig zu halten. Schmauchpartikel, die größer als 10 μm sind, verschwinden offenbar in der ersten Stunde nach Schußabgabe von der Hand. Nur kleine Teilchen (< 3 μm) wurden nach zwei Stunden und mehr beobachtet (1). Bei der quantitativen Photoluminiszenztechnik (23) fielen die Bleikonzentrationen innerhalb einer Stunde auf das Niveau von Leerproben. Auch für Sb und Ba war der Abfall in der ersten Stunde nach Schußabgabe am stärksten (18). Jedoch lagen Ba und Sb nach einer Stunde noch weit über dem Leerprobenniveau. KILTY (18) hielt eine Analyse der NAA nur bis zu einem Zeitintervall von zwei Stunden bei uneingeschränkter Tätigkeit nach Schußabgabe für sinnvoll. Die Zeitangaben für die Nachweisgrenze schwanken jedoch bei verschiedenen Autoren erheblich (Nachweis bis zu 24 Stunden und mehr bei KRISHNAN (20)). Bei der REM-Technik beträgt die Nachweisgrenze ca. drei Stunden bei uneingeschränkter Tätigkeit (22).

Unsere Nachweis-Versuche waren nur bis zu einer Stunde nach Schußabgabe erfolgreich. Die Zahl der gefundenen Partikel nimmt natürlich stark ab. Da aber ein einziges positives Teilchen zum Schmauchnachweis ausreicht, könnten der Zeitfaktor günstiger liegen als bei den herkömmlichen quantitativen Methoden. Das Gewicht eines $2\text{ }\mu\text{m}$ im Durchmesser betragenden Partikels ist ungefähr 10^{-11} g . Die bisher veröffentlichten quantitativen Methoden liegen in ihrer Nachweisgrenze meist darüber (1). Händewaschen mit Seife nach Schußabgabe entfernt nach allgemeiner Auffassung den gesamten Schmauch von der Hand. Ausnahmen kommen vor. Wir konnten nach dem Händewaschen bei 7 Versuchspersonen nur in einem Fall einen Ba-Partikel nachweisen. Ein leichter Wasserstrahl ohne Seifenanwendung entfernt die meisten Rückstandspartikel (1). Jedoch konnten ANDRASKO und MAEHLY (1) nach zwei Stunden Suchzeit im REM noch Partikel mit Pb, Ba und Sb erhalten. Das Reiben der Hände an einem Laboratoriumshandtuch überträgt offenbar Sb und Ba von der rechten auf die linke Hand. Der verbleibende Rest auf der Schußhand hatte keine signifikante Aussagekraft (18). Das Stecken der Hände in die Hosentaschen bringt Ba und Sb in diese hinein und dort bleiben die Rückstände vielleicht länger erhalten als auf der Hand (23). Die Menge der an den Händen gefundenen Konzentration nimmt dabei natürlich beträchtlich ab. KILTY (18) gab drei Versuchspersonen 15 Sekunden, um den Schmauchrückstand von den Händen zu entfernen. Zweien gelang es durch das Reiben der Hände an der Kleidung vollständig. Einer gelang es nicht ausreichend. Sie übertrug Rückstände durch Aneinanderreiben beider Hände auf die andere Hand. Auch bei Anwendung von Handschellen kam eine Übertragung von Schmauch auf die andere Hand zustande. Im allgemeinen läßt sich feststellen, daß je länger das Zeitintervall zwischen Schußabgabe und Probeentnahme ist, desto wahrscheinlicher wird eine Kontamination der Nicht-Schußhand durch die Schußhand. Die Konzentration an

der Schußhand wird geringer. In aktuellen Fällen werden sich oft noch nach einiger Zeit Schmauchspuren feststellen lassen. KRISHNAN (20) stellte höhere Konzentrationen als unter Laborbedingungen fest. Er gibt folgende Gründe an: der Täter lädt die Waffe; er gibt oft mehrere Schüsse ab; er sammelt häufig die ausgeworfenen Hülsen ein, an denen sich große Rückstandsmengen befinden.

Abschließend läßt sich sagen, daß Vergleichsschüsse unter den gleichen Bedingungen bei allen Problemen des Nachweises von Schmauchspuren an der Hand hilfreich sein können.

6. Zusammenfassung

Die energiedispersive Röntgenmikroanalyse in Verbindung mit dem REM stellt ein in Deutschland relativ neues erfolgversprechendes Verfahren zum Nachweis von Schußrückständen an der Hand dar. Es verbindet morphologische Kriterien von Schmauchspuren mit der Elementanalyse von Pb, Ba und Sb. Es ist einfach und billig. Der Zeitaufwand bleibt relativ gering. Besonders eignet es sich für unklare Fälle, bei denen quantitative Methoden voraussichtlich versagen. Quantitative Analysen sind anschließend noch durchführbar.

Es wurden mittels der REM-Methode 12 Faustfeuerwaffen getestet. Nach Abgabe eines Schusses konnten bei 9 Waffen Pb, Ba und Sb zugleich in einem Partikel nachgewiesen werden. Dieses strenge Kriterium sprach für Schußrückstände. Untersuchungen über die Berührung von vor längerer Zeit geschossenen und gereinigten Waffen wurden angestellt. Bei 5 von 11 berührten Waffen konnten Ba-Teilchen nachgewiesen werden. Ein Blindversuch mit 3 Pistolen wurde durchgeführt. Es konnte in allen Fällen die Schußabgabe bestätigt werden. Außerdem wurde der Zeitfaktor zwischen Schußabgabe und Probennahme untersucht. Die Nachweisgrenze lag bei einer Stunde bei uneingeschränkter Tätigkeit. Das Waschen der Hände mit Seife nach Schußabgabe erbrachte negative Ergebnisse. Eine Beschreibung der bisher verwendeten Verfahren wurde gegeben. Eine Darstellung der bei Schmauchspurennachweis auftretenden Probleme wurde angeschlossen.

7. Literaturverzeichnis

- (1) ANDRASKO, J., Detection of Gunshot Residues
MAEHLY, A. C.: on Hands by Scanning Electron
Microscopy
J. Forens. Sci. 22, 279 - 287
(1977)
- (2) BARNES, B. K., Charged Particle Induced X-Ray
BEGHIAN, L. E.: Analysis: A New Tool in Forensi.
Science
J. Radioanalyt. Chem. 15,
13 - 25 (1973)
- (3) BAUMGARTNER, F., Erweiterung des Meßbereichs auf
SCHÖNTAG, A.: 3 m bei der Bestimmung der
Schußentfernung durch Anwendung
der Aktivierungsanalyse
Arch. Kriminol. 131, 1 - 7
(1963)
- (4) BÖHM, E., Morphologische Untersuchungen
KLINGELE, H.: an Pulverschmauchpartikeln ver-
schiedener Munitionsarten
Arch. Kriminol. 150, 31 - 43
(1972)
- (5) BÖHM, E.: Spezielle Entnahme-, Präpara-
tions- und Untersuchungstech-
niken für die Anwendung der
Rasterelektronenmikroskopie
in der forensischen Medizin
Beitr. gerichtl. Med. 29,
228 - 258 (1972)

- (6) BUCHANAN, J. D., GUINN, V. P. et al.: Neutron Activation Analysis in Scientific Crime Detection - Some Recent Developments
J. Forens. Sci. 9, 119 - 133
(1964)
- (7) BURGER, E.: Untersuchungen zum Nachweis von Pulverrückständen an der Schußhand
Dt. Zeitschrift für gerichtl. Med. 53, 108 - 112 (1963)
- (8) CALDAS, A.: Chemist - Analyst, 42, 64 (1953)
- (9) CORNELIS, R., TIMPERMAN, J.: Gunfiring Detection Method based on Sb, Ba, Pb and Hg Deposits on Hands. Evaluation of the Credibility of the Test
Medicine Sci. Law 14, 98 - 116
(1974)
- (10) COWMAN, M. E., PURDON, P. L.: A study of the "paraffin test"
J. Forens. Sci. 12, 19 - 36
(1967)
- (11) FASSEL, V. A., KNISELY, R.: Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectroscopy
Analytical Chemistry 46, 1110 - 1120 (1979)
- (12) F. B. I.: The Diphenylamine-Test For Gunpowder
F. B. I. Law Enforcement Bulletin, Oct. (1935)
- (13) FEIGL, F.: Laboratory Manual of Spot Tests
Academic Press, N. Y., 130 - 135 (1943)

- (14) GOLEB, J. A., Firearms Discharge Residue
MIDKIFF, C. R.: Sample Collection Techniques
J. Forens. Sci. 20, 701 - 707
(1975)
- (15) GUARESCHI, I.: Einführung in das Studium der
Alkaloide
Berlin 1896, deutsch von
H. Kunz Krause
- (16) HARRISON, H. C., Firearms Discharge Residues
GILROY, R.: J. Forens. Sci. 4, 184 - 199
(1959)
- (17) JONES, P. F., A Photoluminescence Technique
NESBITT, R. S.: for Detection of Gunshot
Residue
J. Forens. Sci. 20, 231 - 242
(1975)
- (18) KILTY, J. W.: Activity After Shooting and Its
Effect on the Retention of Prim
Residue
J. Forens. Sci. 20, 219 - 230
(1975)
- (19) KRISHNAN, S. S., Rapid Detection of Firearm Dis-
GILLESPIE, K. A., charge Residues by Atomic Ab-
ANDERSON, E. J.: sorption and Neutron Activation
Analysis
J. Forens. Sci. 16, 144 - 151
(1971)
- (20) KRISHNAN, S. S.: Detection of Gunshot Residues
on the Hands by Trace Element
Analysis
J. Forens. Sci. 22, 304 - 324
(1977)

- (27) SELLIER, K.,
GELLER, W.: Nachweis von Schmauchrück-
ständen an der Schußhand.
Dt. Zeitschrift für gerichtl.
Med. 60, 22 - 27 (1967)
- (28) SELLIER, K.: Schußwaffen und Schußwirkungen
Max-Schmidt-Römhild-Verlag
Lübeck, 251 - 268 (1969)
- (29) SELLIER, K.: Schußwaffen und Schußwirkungen
Max-Schmidt-Römhild-Verlag
Lübeck, 244 - 249 (1969)
- (30) SNELL, F. D.,
BIFFEN, F. N.: Commercial Methods of Analysis
Mc Graw-Hill Book Co., N. Y.
90 (1944)
- (31) WALKER, J. T.: Bullet Holes and Chemical Re-
sidues in Shooting Cases
J. Crim. Law and Crime 31,
497 - 500 (1940)
- (32) WHITEHEAD, E.: Unpublished Research, Univer-
sity of Rhode Island, Kingston
P. J. (1954), zitiert nach
HARRISON und GILROY (16)
- (33) WOLTEN, G. M.,
NESBITT, R. S.
et al.: Particle Analysis for the
Detection of Gunshot Residue I.
Scanning Electron Microscopy/
Energy Dispersive X-Ray
Characterization on Hand De-
posits from Firing
J. Forens. Sci. 24, 409 - 422
(1979)

Herrn Prof. Dr. H.-B. Wuermeling danke ich für seine Erlaubnis, daß ich die Untersuchungen und Auswertung im Institut für Rechtsmedizin durchführen durfte.

Herrn Akad. Direktor Dr. G. Schaidt verdanke ich das Thema der Arbeit und Anregungen bei der Auswertung.

Herrn Opitz sei für die Zeichnung der Energiespektren gedankt.

Lebenslauf

Am 14. November 1954 wurde ich als Sohn des
Polizeibeamten Hans Dotterweich und seiner Ehefrau
Rosi in Ebermannstadt, Oberfranken, geboren.

Von 1961 bis 1965 besuchte ich die Volksschule
Viatisstraße in Nürnberg und trat noch im gleichen
Jahr in das Neue Gymnasium Nürnberg ein. Nach
bestandener Reifeprüfung studierte ich seit dem
Wintersemester 1974/75 an der Universität Erlangen-
Nürnberg Humanmedizin. Hier legte ich im März 1977
die ärztliche Vorprüfung ab. Mit der dritten
ärztlichen Prüfung beendete ich im Mai 1981
das Medizinstudium an der Universität Erlangen-
Nürnberg.

Erlangen, im August 1981

